

研究論文

理科学習場面で子どもが行う受容すべき 情報の質の検討に関する一考察

平方 章弘* ・ 佐藤 寛之** ・ 田中 千恵子***

A Consideration on Student's Thinking about the Things that Need to Do for Learning in Science Class

Akihiro HIRAKATA*, Hiroyuki SATO** and Chieko TANAKA***

【要約】

本研究では、子ども自身の学習プロセスの把握を可能とする認識論的Vee地図を授業で活用し、理科学習での子どもが受容すべき情報の質の検討状況に関する知見を得ることを研究の目的とした。本研究の成果として、子どもが受容すべき情報の質を検討する際には自身の経験等に基づく素朴な考えや既習知識を根拠にすることと、新たな疑問の検証活動（実験）に子どもの能動的な学びの様態を示す指標が存在することが理解できた。

【キーワード】

自己調整学習、学習プロセス、認識論的Vee地図、水溶液、発熱反応

1. 問題の所在

経済協力開発機構（OECD）が2006年に実施した生徒の学習到達度調査（PISA2006）では、「実験の手順を生徒自身で考える」等といった理科学習場面における子どもの能動的な学習に関する問いに対して、日本の子どもの肯定的な回答の割合は、OECD加盟国の平均の割合を下回っていることが報告されている¹⁾。

上記の調査結果等もふまえて、平成20年3月に中学校学習指導要領が告示され、中学校では本年度より新たな学習指導要領に基づく教育が実践されている。この改訂された中学校理科の学習指導要領の目標²⁾では、「自然に対する関心を高め」という表現から「自然の事物・現象に進んでかわり」という表現に変更された。このことは、自ら学ぶ意欲、すなわち、子どもの能動的な学習をより一層重視していることを意味するといえる。

そのため、実際の理科授業場面における授業方略を検討するうえで、自己調整学習（SRL, Self-Regulated Learning）が注目されている。自己調整学習を念頭に置いた理科学習は、子ども自らが学習活動を振り返り、自身の理解の状況をモニタリングし、これからの学習活動を自らコントロールするという子どもに求められる能力を熟達させるものとして、実践されつつある。

例えば、小野瀬ら³⁾は理科学習における子どもの自己制御的学習の実現を支援するための「理科学習ガイド」を設計し、授業実践の結果からその効果を検証した。また、佐藤ら⁴⁾は理科授業場面でのゴーウィン（Gowin, D. B.）の認識論的Vee地図の活用から、子どもの自己制御的な学習の様態を検証しようと試みている。

上記の先行研究以外にも、甲斐らの研究⁵⁾や後述する和田らの研究等の理科学習場面における自

*佐賀大学大学院教育学研究科院生

**佐賀大学文化教育学部

***佐賀大学文化教育学部附属中学校

己調整学習に関する研究は、その授業実践事例の校種を問わず、様々に取り組まれているが、理科学習場面における自己制御的な学習を促進するための知見は、まだ多く得られているとは言い難い。それ故に、今後も子どもの能動的な学習、つまり、子どもの自己調整学習を促す理科学習方略を検討していく必要性が生じている。

2. 研究の目的と方法

2.1. 研究の目的

本研究では、理科学習場面で子どもが自己調整学習を行う際に、「自身が何をすべきか」を把握し、コントロールする場面、すなわち、子どもが自身の学習の進捗状況を調整する場面に着目した。そして、子どもが自身の学習の進捗状況を調整する契機となる「子ども自身の考え（疑問・予想・考察等）」とそれらを基にした活動、つまり、子どもの「学習プロセス」から、子どもが受容すべき情報の質の検討を如何に行っているのかという知見を得ることを研究の目的とした。

2.2 研究の方法

本研究では、理科学習場面における子どもの学習プロセスを把握し分析するために、佐藤らによって「子どもが問題解決を目指して一つひとつの事実を論理として組み込んでいく科学概念の深化・拡大過程の一端を明らかにする可能性を有する」⁶⁾と報告されている図1に示したゴーウィン (Gowin,

D. B.) の認識論的Vee地図を援用した学習シートを授業で用い、その記述内容から子どもが行う受容すべき情報の質の検討についての分析を試みることにした。

また、本研究における記述内容を分析する視点としては、小野瀬ら⁷⁾がピントリッチ (Pintrich, P. R.) の所論を援用し整理した「学習を動機付ける信念と自己制御的ストラテジーの関係」の「学習の進捗状況の調整」の観点を用い、認識論的Vee地図のV字の谷の部分に記述を求めた子どもの考え（疑問・予想・考察等）の記述内容を精査することとした。

3. 子どもに求められている自己調整学習

理科学習場面での自己調整学習を念頭に置いた学習支援方略について研究した小野瀬らは、理科学習における自己調整学習（自己制御的学習）を、子どもが課題解決にあたる時の、「理科学習の文脈から情報を受け取り、新たな学習スキル（認知的方略）を選択して行為するというような、活動全般をコントロールしながら学習を進めるプロセス」に見ることができると報告している。

また、小野瀬らは、上述のピントリッチらの自己調整学習における目標観に関する所論を援用し、理科学習における「学習を動機づける信念」と「自己調整学習のストラテジー」の関係を表1のようにまとめた。

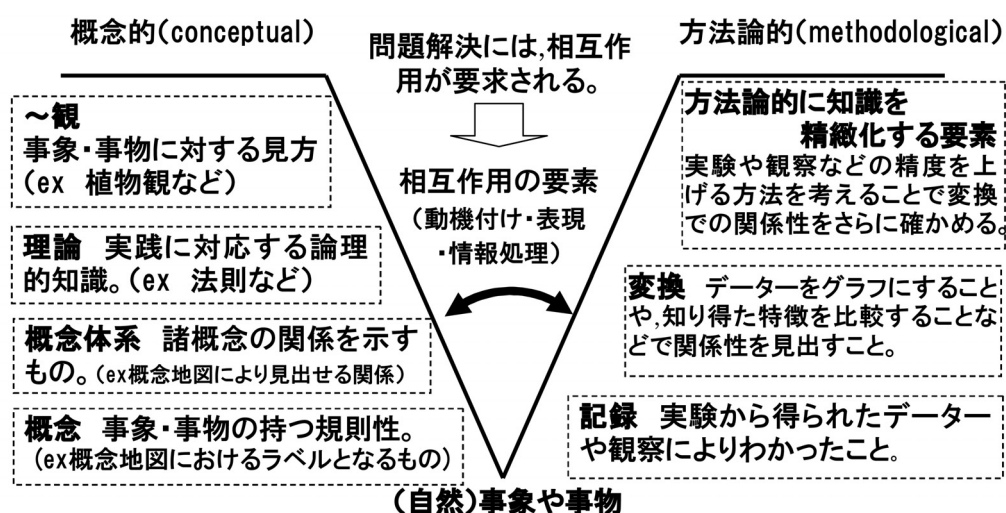


図1 Gowin, D. B. の認識論的Vee地図 (佐藤, 2008)

さらに、高校化学における高校生の自己調整学習を研究した和田ら⁸⁾は、自己調整学習の成立過程を、図2のように模式化し説明している。

前出したように、他にも理科学習場面における自己調整学習についての研究も存在するが、これらの研究で共通している自己調整学習の成立要件には、子ども自身のメタ認知（高次の認知、認知していることの認知）が欠くことができないものとして示されている。

つまり、理科の学習活動の各段階（問いを導く、予想を立てる、観察・実験する、結果をふまえて

考察する、学習活動を振り返る）で、自らの考えやそれに基づく行為をモニタリングし、必要に応じて、考えや行為をコントロール（調整）しながら自身の学習を進めることが必要とされている。上述の研究動向からも明らかなように、理科学習場面においても子どもが学習者として自ら学ぶという能動的な学習がより一層求められている。そのため、自身の学習の進捗状況を自ら把握し、調整しながら学ぶという自己調整学習を子どもに促すための理科授業方略を、さらに検討していく必要がある。

表1 学習を動機づける信念と自己制御的ストラテジーの関係（小野瀬，2005）

学習を動機づける信念（Motivation Beliefs）	
A：Self-efficacy（自己効力感）	
B：Intrinsic Value（内発的な価値意識）	
C：Test Anxiety（テスト不安）	
自己調整学習のストラテジー（Self-Regulated Learning Strategies）	
D：Cognitive Strategy Use（認知的方略の使用）	
・D1：自分の言葉に言い換える	
・D2：情報を統合しやすくなる	
・D3：記憶しやすくなるように学習したことを復唱する	
・D4：学習を概括する	
E：Self-Regulation（学習の進捗状況の調整）	
・E1：学習課題を自問自答する。	
・E2：学習課題を遂行するために受容すべき情報の質について考える。	
・E3：学習課題を遂行するために必要な情報を吟味する。	

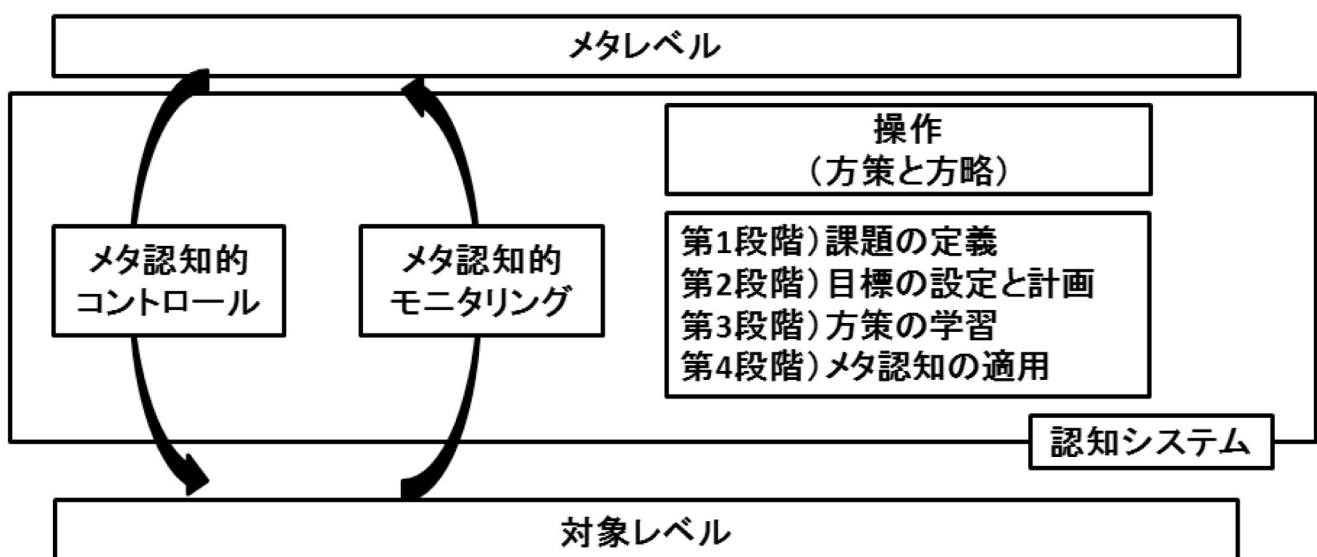


図2 自己調整学習の成立過程（和田，2011）

4. 自身の考えが学習の進捗状況に与える影響

4.1. 授業実践対象・期間・単元・学習活動内容

授業実践対象：国立大学附属S中学校第1学年160名（そのうち、分析対象としたのは、授業実践終了後に学習シートを提出した117名が対象）

授業実践期間：平成24年2月～3月（全8時間）

授業実践単元：中学校理科1分野

「身の回りの物質」の「水溶液」

学習活動内容：コーヒーシュガーが溶けていく様子を確認するため、子どもが自ら考えた実験に取り組み、その実験結果から考察として粒子モデルの様子を記述させた。

（1・2時間目）

4.2. 授業実践概要

研究の初発として、認識論的Vee地図を授業用ワークシートとして用い、まずは、子どもが受容

すべき情報を吟味する際に必要となる予想・考察が、如何に自身の学習の進捗状況を調整しているのかについて、子どもの認識論的Vee地図の記述内容から分析を試みた（図3は子どもの認識論的Vee地図の記述例である）。

調査対象の子どもは、「ものが溶けると透明になる・均一な濃さになる」等の内容は小学校で学習済みである。また、中学校では、物質は小さな粒子が集まってできていることを学習済みである。

この対象の子どもに上記の既習知識を授業の始めに確認させ、疑問（問い）「溶けるとはどのようなことか？具体的に理解しよう」に対して、溶解の様子について粒子を用いてモデル化するためにまず「下の方から徐々に広がっていくこと」等の予想を立てさせ、ビーカー・コーヒーシュガー・水・お湯等の必要な道具を提示し、子ども自ら実験・観察方法を考えさせ取り組ませた。その後、その実験・観察の結果から溶解の様子についての粒子モデルを子ども自らの考えに基づいて考察として記述をさせた。

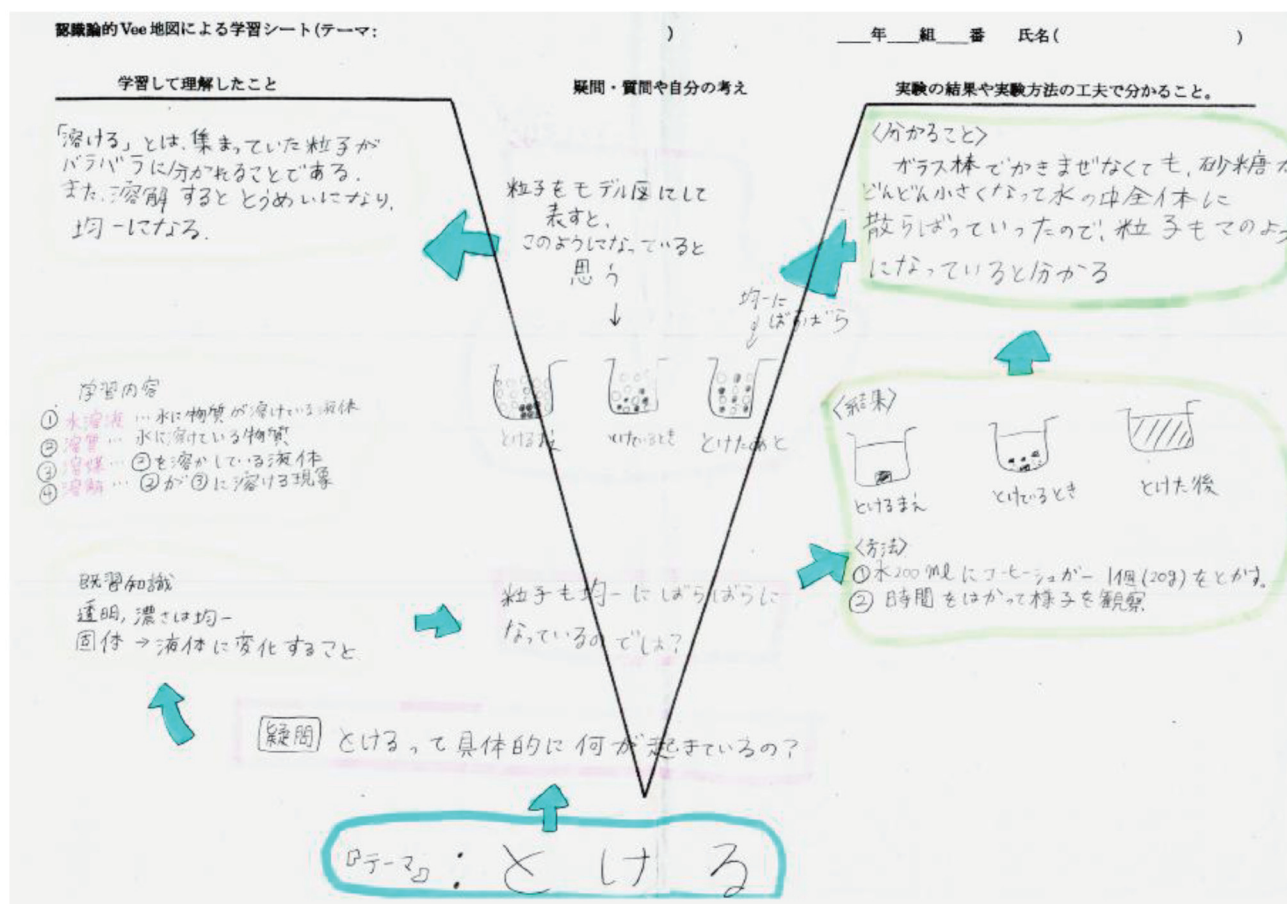


図3 水溶液の学習で子どもが記述した認識論的Vee地図の記述例

4.3. 分析の視点

記述内容の分類を、上述したピントリッチの所論を基にして、表2に示す視点で行った。具体的には、疑問（問い）に対する子どもの予想の記述内容が、考察の記述内容に関係しているのか否かについて分類した。

4.4. 分析の結果

認識論的Vee地図を授業に導入した水溶液の学習では、「溶けるとはどういうことか？具体的に理解しよう。」という授業における「学習課題（疑問）に対する予想」と「実験結果をふまえた自分の考え」について、表2の分類の視点で、記述内容を分類した結果を図4に示す。

「学習課題（疑問）に対する予想」に関して、「下の方から徐々に広がっていくこと」等の疑問に呼応した予想を記述していた子どもの割合は分析対象の約6割強（74人）であり、実験結果を踏まえ自分の考えを記述できていた子どもの割合は分析対象の9割強（114人）という結果であった。

また、図5に示すように、「実験結果を踏まえた自分の考え」に基づいた粒子モデルを構築した子どもの内、自らの予想に基づいたモデルを構築した子どもは分析対象の約4割強であり、自らの予想はあるもののその予想に基づいていないモデルを構築した、もしくは、考えを導き出した子どもは分析対象の約2割弱であることも示された。

これらの分類の結果から、「疑問に呼応した自らの予想を立てた子どもは、自ら立てた予想を基に結果を考察している割合が高い」こと、つまり、「疑問に呼応する予想を立てることは学習の見通しを立てることにつながる」ということが改めて理解できた。

しかしながら、予想の記述をせずに考察を行う子どもが分析対象の約3割強（41人）存在したことから、実験を通した自らの学習プロセスの軌跡の一つとして、ワークシートに自分の考えを記述する必要性を理解していない子どもも、少なからず存在したことが明らかとなった。

表2 認識論的Vee地図の記述内容の分類の視点

分類する場面	分類内容
学習課題に対する疑問を生起させ、それに対する予想をする場面	疑問（問い）に呼応した予想の有無
観察・実験の結果を踏まえ考察する場面	観察・実験結果を根拠として、予想に呼応した考えの記述の有無

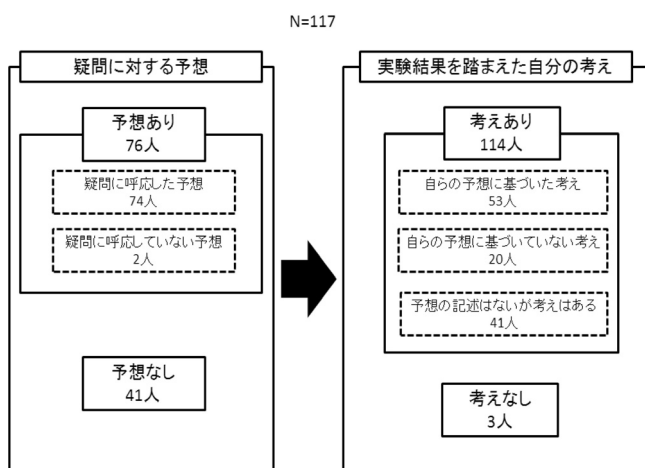


図4 疑問に対する予想と考察の関係

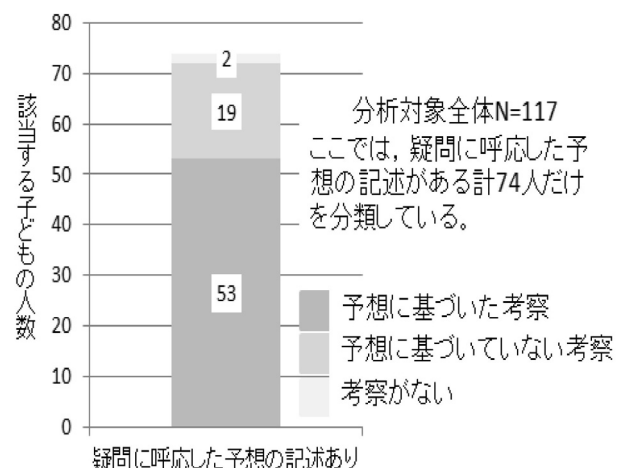


図5 疑問に呼応した予想の記述がある子どもが行う考察の種類

5. 子どもが行う受容すべき情報の質の検討

5.1. 調査対象・期間・単元・学習活動内容

授業実践対象：国立大学附属S中学校第2学年160名（そのうち、分析対象としたのは、授業実践終了後に学習シートを提出した117名）

授業実践期間：平成24（2012）年7月（3時間）

授業実践単元：中学校理科第1分野「化学変化と熱」の「鉄の酸化による発熱反応」

学習活動内容：教科書に載っている化学カイロを基本実験とし、より多くの熱を取り出すためにはどのようにしたら良いのかという探究的な活動を行わせ、その学習プロセスを記述させた。

5.2. 授業実践概要

前出4. の授業実践（調査）の記述内容の分類による分析だけでは、予想から考察に至る子どもの学習プロセスが十分に検討できないことに研究上の課題が生じていた。そのため、理科授業場面での子どもの学習プロセスを分析できるように、「理科授業場面で子どもが得た受容すべき情報の質を、子どもが如何に検討しながら学習を進めていくのか」という新たな分析の視点を取り入れて、授業実践場面での子どもが行う受容すべき情報の質の検討に関する調査を行うことにした。

本研究における授業実践対象の子どもは、「鉄の酸化による発熱反応」についての学習前に、熱分解、水の電気分解、原子、分子、化学式、単体と化合物、化学反応式、酸化（金属・有機物の燃焼）、還元、硫黄と鉄・銅の化合、質量保存の法則、定比例の法則を学習済みであった。

また、本調査の発熱反応の学習で用いる教材には、子どもが使用している教科書に掲載されている図6の化学カイロの実験を班毎で取り組ませた。その後に、「（化学カイロから）できるだけ多くの熱を取り出そう」という学習課題を提示し、その学習課題を解決するための実験に取り組ませた。

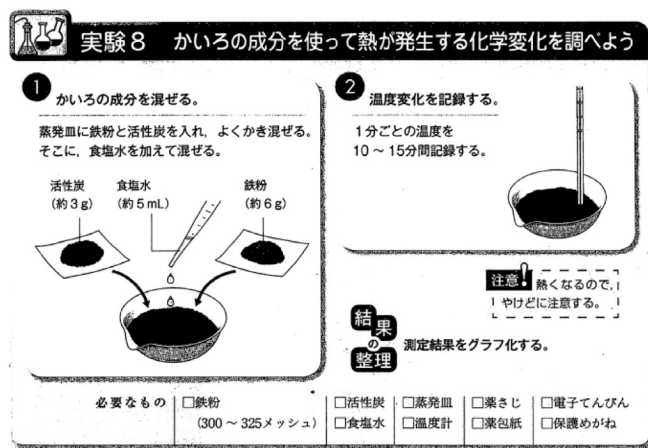


図6 教科書にある化学カイロの実験⁹⁾

5.3. 分析の視点

本授業実践では、学習課題「（化学カイロから）できるだけ多くの熱を取り出そう」に対して、班毎に計画を立てた実験方法で実験に取り組ませた際の実験方法を計画する根拠となる考えを、認識論的Vee地図に学習プロセスの一部として記述させた。そして、学習課題に対する自分なりに導出した結論に至るまでの認識論的Vee地図における記述内容を分析した。

この分析に際しては、子どもが行う受容すべき情報の質の検討状況に関する知見を得たいと考えていたため、認識論的Vee地図に記述された「子どもの考え（疑問・予想・考察等）」や「子どもが取り組んだ実験方法・実験結果」等の子どもが学習活動に取り組んだ際の学習の過程を理解するために、以下の①～③の順序で記述内容を分析した。

- ① 「どのような情報に着目してきたのか」
- ② 「着目した情報に基づいた学習活動をいくつ取り組んできたのか」
- ③ 「各学習活動で得た情報をどのように整理してきたのか」

5.4. 分析の結果

5.4.1. 「どのような情報に着目してきたのか」に関する記述内容の分析結果

本授業実践で子どもが作成した認識論的Vee地図の記述内容の分析の結果、子どもは学習課題に対する自分なりの結論を導くまでに、おおむね5つの情報に着目し、学習活動を進めていたことが

明らかとなった。この5つの情報について、子どもが情報を表出させた頻度の順（のちに図11で割合は示す）に、その結論を導く根拠として実験計画を立案するための情報の内容と、それらが導かれた理由等について述べていく。

頻出頻度が1番高かった情報は、「鉄・炭・食塩水の量」である。この情報に着目した子どもは、図7のような「ただ単に量を増やせば温度が上がるだろう」という考えと、図8のように鉄自体が酸化するから鉄の量を増やせば温度が上がるだろう等の「それぞれの物質の意味を考えた上で量を増やす」という考えである2パターンの子どものいることが記述内容から読みとれた。

頻出頻度が2番目に高かった情報は、「食塩水の

濃度」である。この情報に着目した子どもは、「ただ単に食塩水の濃度が関係している」と考え取り組む子どもと、図9のように、まずは食塩水の量を増やして実験をしてみるとドロドロになり温度が上がらなかったため、「実験結果から食塩水の量ではなく濃度が関係している」と考えたという2パターンの子どものいることが記述内容から読み取れた。

その他にも、図10のように「鉄・炭・食塩水の量の比率」について着目した記述や、「食塩の役割」や「その他（空気等）」を考え、情報として取り入れてみようとする子どもが、若干ではあるが、見られた。

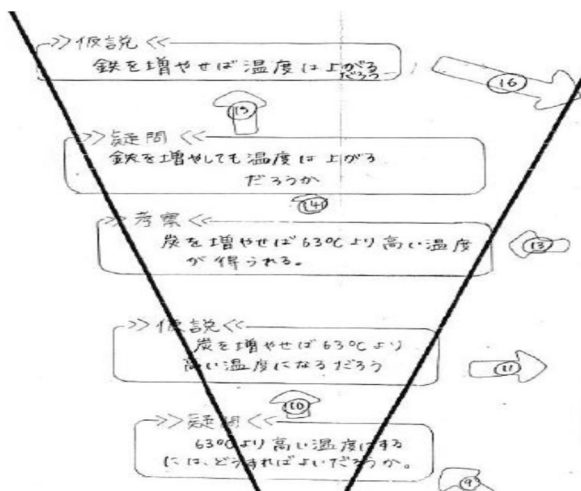


図7「ただ単に量を増やす」と考えた子どもの記述

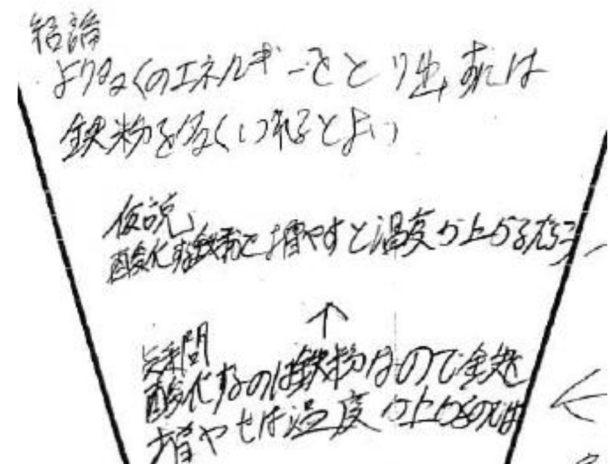


図8「物質の意味を考えた上で量を増やす」と考えた子どもの記述

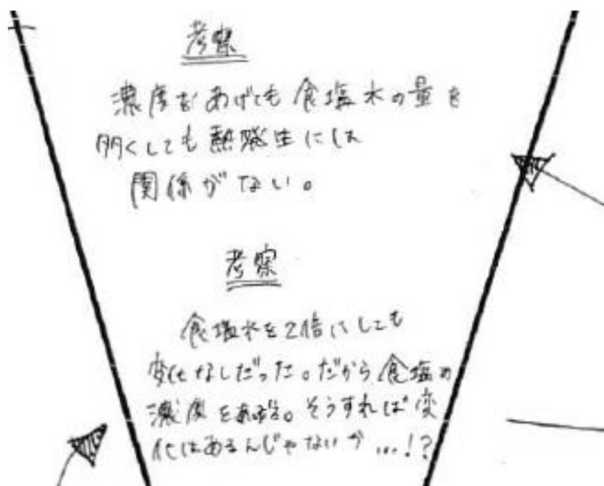


図9「実験結果を基に食塩水を増やす」と考えた子どもの記述



図10「質量の比率について取り組んだ」と考えた子どもの記述

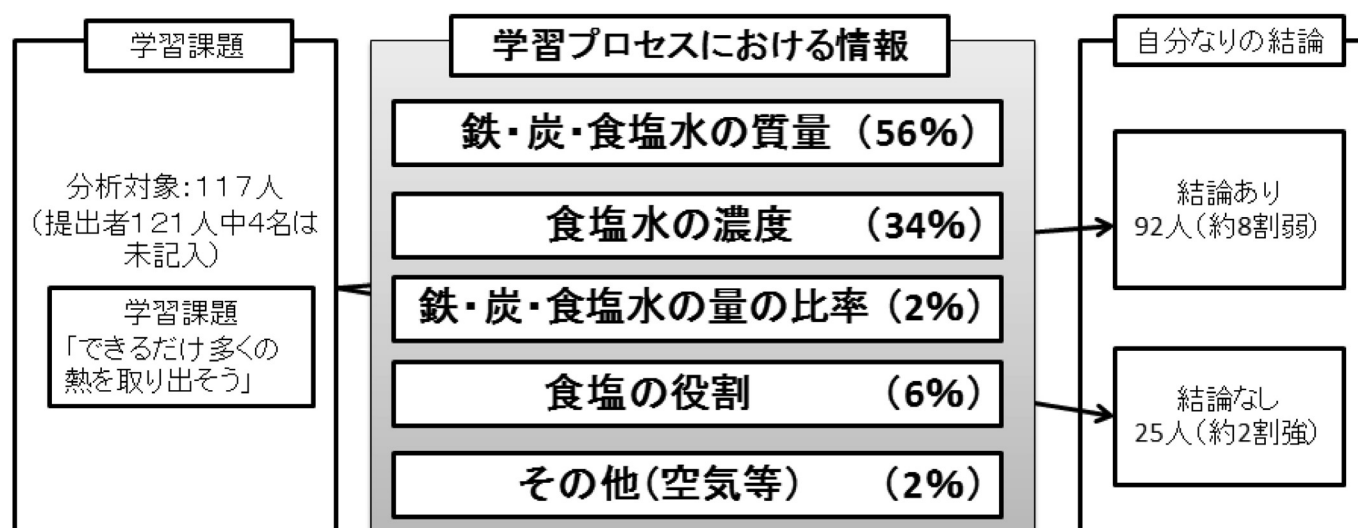


図11 学習課題を解決するために子どもが着目した5つの情報とその情報に着目した子どもの割合

しかし、「鉄・炭・食塩水の量の比率」の情報に着目した子どもも、「なぜ、それらの比率に着目したのか」という根拠を記述していないため、既習事項である「定比例の法則」から推論して考えていたのかについては、理解することができなかった。

また、「食塩水の役割」に着目した子どもは、「酸化であるのになぜ食塩水が関係あるのか」という疑問から「食塩の役割について調べている」と記述がなされていた。そして、「その他(空気)」の情報に着目した子どもも、自身のもつ「酸化」に関する概念から、酸素が関係していることを踏まえて、「より多くの酸素を与えれば酸化がより進み、高い熱が得られるだろう」と想起したことが、記述内容から理解できた。

上述した子どもが実験計画を立案した際に、検討した情報とその情報に着目した子どもの割合を図11に示す。これまでの記述内容の分析から、子どもが実験計画を立案して得ようとした結果、つまり、自らが受容すべきと考えた情報は、子ども自身のこれまでの経験に由来する物質の量に関する素朴な考え方を基にして検討していることが理解できた。

しかしながら、今回の記述内容の分析のみでは、情報の選択の根拠となり得る記述の数がごく少数であるために、子どもが行う受容すべき情報の質

の検討について精査できたとは言い難い。よって、子どもが実験計画を立案した際に、検討した情報を選択した根拠を記述させる必要性が改めて理解できた。

5.4.2. 「着目した情報に基づいた学習活動をいくつか取り組んできたのか」に関する記述内容の分析結果

上述の記述内容の分析からでは、子どもがその情報に着目した根拠となる記述が少ないために、子どもが受容すべき情報を選択する際の検討状況を結論付けることが困難であることから、授業時間中に多くの情報に着目して実験に取り組んだ数と学習課題に関する結論の導出に関係があるのではないかと考え、その関係を分析することにした。具体的には、「子どもが学習課題を解決するために実際に取り組んできた学習活動(実験)の記述の数」と「学習課題に対する自分なりの結論の記述の有無」という2つの視点で、記述内容を分類することにした。その記述内容の分類結果を図12に示す。

この結果、学習課題に対する自分なりの結論がある子どもでは、全3時間の授業時間内で3回以上と比較的多くの実験に取り組む結論を導いた子どもと、1回または2回の実験結果だけで結論づけた子どもは、どちらも分析対象の約4割であり、

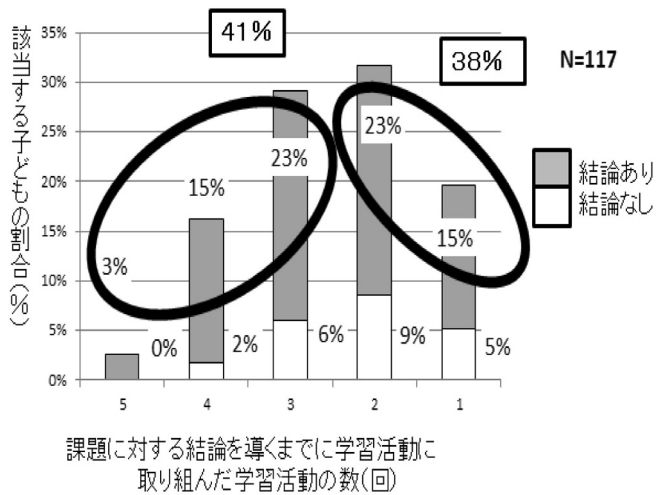


図12 課題に対する結論の有無と学習活動に取り組んだ学習活動の数の関係

注) 分類の割合を四捨五入して提示しているため、合計が100%にはなっていない。

その数にほとんど差がないことが明らかとなった。

また、子どもが学習課題を解決するために、取り組んだ学習活動の数が比較的多いにも関わらず、学習課題に対する自分なりの結論が導くことのできない子どもも1割弱存在していたため、子どもが行う受容すべき情報の質の検討状況を把握するためには、学習活動（実験）毎に、その次に何をなすべきかを子ども自身が考慮したことを分析していく必要性が理解できた。

5.4.3. 「各学習活動で得た情報をどのように整理してきたのか」に関する記述内容の分析結果

これまでの記述内容の分析から、子どもが行う受容すべき情報の質の検討状況を把握するためには、学習活動（実験）毎に、その次に何をなすべきかについての記述を詳細に分析する必要があることを認識できた。それ故に、子どもの記述内容にある「学習課題に結びつく結果を、どの学習活動で得たのか」を検討していくために、主に結論の根拠とした結果が出た時点で実験による探究を終了したか否かという点に着目し分類した。

具体的には、表3の示すように、「課題への取り組み方」を結果と結論の根拠との関係を4つに分類し、それらに属する分析対象の子どもの割合を算出した。

表3のパターンAとパターンBのように、学習活動の中で学習課題に結びつく結果を導出し、学習課題に対する自分なりの結論を記述できた子どもは、分析対象の約8割存在した。それらの子どものうち、学習課題に対する自分なりの結論の根拠となる結果を得てからも、引き続き、他の情報となるべきものを探して学習活動に取り組むという能動的な学習を進めていると考えられる子どもが約3割存在することも分析の結果から明らかとなった。

表3 分類した子どもの学習パターンとその割合

学習パターン	課題への取り組み方	具体的な記述のようす	子どもの割合 N=117
パターンA	結論が出せており、結論に結びつく結果を出した後も、他の要因を見出す活動に取り組む	一番いいカイロは鉄と活性炭の量を2倍、食塩水（3%）の量を少しにしたカイロだと考えられる。	33%
パターンB	結論が出せているが、結論に結びつく結果が出た段階で、学習を終えている	食塩水の濃度を上げると熱は多く発生する。他の方法でもなると思う。	45%
パターンC	結論は出せていないが、結論に結びつく結果が出せている	鉄・炭・食塩水の量を2倍にすると86℃になった（基本実験では66℃）。	8%
パターンD	結論は出せておらず、結論に結びつく結果も出せていない	食塩水を8mlに増やすと29℃だった（基本実験では69℃）。	14%

6. 研究の総括と研究の課題

本研究の成果として、以下のことが授業実践での子どもの認識論的Vee地図をふまえたワークシートの記述内容から理解することができた。

- 子どもが行う学習の進捗状況の調整，なかでも，子ども自身で受容すべき情報に質の検討を行う際には，自身の経験等を根拠とした素朴な考え，または，学校での既習知識のどちらかを根拠に学習活動を決定する。
- 子どもが能動的な学習に取り組んでいるか否かの指標は，学習の際に取り組んだ活動数でなく，結論を導くために予想の有無や，新たに生じた疑問の検証活動に見て取れる。

この2つの成果のうち，1つ目の成果は，これまでの子どもの自然認識研究によって明らかにされていることと同様のことはある。しかし，だからこそ学習活動に臨む際の明確な立場を表明し自分の考えをモニタリングするためにも，ワークシート等に自分の考えを記述させておく必要がある。

また，能動的な学習とは，「行為」の量的な部分に着目するだけではなく，より質的な部分に着目しなければならないことを，改めて理解することができた。

そして，本研究には，上記の成果に呼応した課題も多く存在する。1つ目の課題としては，本研究の授業実践で用いたワークシートに自身の考えを記述することは多くの子どもができていたが，その考えに至る根拠までを記述する子どもが少なかったことである。このことは，分析対象の多くの子どもがワークシートに自分の考えを記述する本質的な意味を理解していないことに起因すると考えられる。

それ故に，子どもが自らの学習プロセスと学習場面毎に自らが考えていたことを把握する意味について理解できるように，学習場面での支援方法を改善する必要がある。そして，調査方法や分析の方法に関してもさらなる検討の余地も大いに存在する。これらの課題を改善し，今後とも子どもが自身の学習の進捗状況を調整していくことができるようにするための研究を継続していきたい。

附記

本研究は，科学研究費補助金・基盤研究（C）（課題番号：24531150）の助成を受けたものである。

引用・参考文献

- 1) 国立教育政策研究所編：「生きるための知識と技能③OECD生徒の学習到達度調査2006年調査国際結果報告書」，ぎょうせい，p158，2007
- 2) 文部科学省：「中学校理科学習指導要領解説理科編」，大日本図書，p16，2008
- 3) 小野瀬倫也・村澤千晴・森本信也：「理科における自己制御的学習支援に関する研究」，理科教育学研究，48(3)，pp25-34，2008
- 4) 佐藤寛之・森本信也：「認識論的Vee地図の教授論的な活用に関する考察」，理科教育学研究，49(1)，pp. 53-63，2008
- 5) 甲斐初美・森本信也：「意図的科学概念変換過程に関する一考察—中学校理科植物単元を事例として—」，理科教育学研究48(3)pp35-44
- 6) 佐藤寛之・小野瀬倫也：「理科学習場面における認識論的Vee地図の有用性の検証に関する研究」，理科教育学研究，51(2)，pp41-51，2010
- 7) 小野瀬倫也・森本信也：「理科学習における概念プロフィールの返還に関する一考察」，理科教育学研究，46(1)，pp. 1-14，2005
- 8) 和田一郎・熊谷あすか・森本信也：「理科における自己調整学習の成立過程の分析とその教授論的展開に関する研究」，理科教育学研究，52(1)，pp121-133，2011
- 9) 有馬朗人（ほか56名）：「理科の世界2年」，p67，大日本図書，2011